

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Universität Marburg

Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. H. Heuser

Mechanische Probleme bei der Kieferbruchschienung mit schnellhärtenden Kunststoffen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Helmut v. Domarus

aus Lübeck

Marburg 1967

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. H. Heuser

Mechanische Probleme bei der Kieferbruchschienung mit schnellhärtenden Kunststoffen



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Helmut v. Domarus

aus Lübeck

Marburg 1967

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 2. 2. 1967

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof.Dr.med et Dr.med dent H. Heuser

Referent: Privatdozent Dr.med et Dr.med dent H.J.Hering

Correferent: Prof. Dr.med J.Berendes

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	3
II. Die in Marburg geübte Methode der Kunststoff=	
schienung und ihre Variationsmöglichkeiten	5
1) Darstellung der Schienungsmethode	5
2) Die Variationsmöglichkeiten	9
III. Experimenteller Teil	11
A) Kraftdehnungskurven der zur intermaxillären	
Immobilisation benutzten Gummizüge	11
1) Versuchsanordnung	11
2) a) Ergebnisse	14
b) Die Meßergebnisse für die verschiedenen	
Gummigrößen im einzelnen	17
3) Besprechung der Ergebnisse	20
a) Die bei Verwendung der Gummizüge im	
Munde auftretenden Kräfte	21
b) Die Proportionalitätsgrenzen der Kraft=	
dehnungskurven und ihre Folgerungen	23
B) Untersuchungen über das mechanische Verhalten	
des Kunststoffes der Schiene	24
1) Darlegung der Aufgabe	24
2) Versuchsanordnung	25
3) Besprechung der Ergebnisse	28
4) Vergleich der Durchbiegung der Kunststoff=	
stäbe mit anderen Schienungsmaterialien	34
IV. Zusammenfassende Betrachtung der experimentellen	
Ergebnisse	36
V. Zusammenfassung	38
VI. Literaturverzeichnis	40



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung

An der Marburger Universitätsklinik für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten wurde 1960 von HERING eine neue Methode der Kieferbruchschienung unter Verwendung von schnellhärtenden Kunststoffen publiziert. Damit wurde einer guten Tradition dieser Klinik Folge geleistet, aus der die Behandlung der Kieferfrakturen durch HEUSER zahlreiche fortschrittliche Impulse erhielt. Im Rahmen meiner Dissertation hatte ich die Aufgabe, einleitend eine kurze Zusammenstellung über die Anwendungsmöglichkeiten des genannten Verfahrens zu geben und im Hauptteil über die Ergebnisse meiner experimentellen Untersuchungen besonders interessierender Fragen des mechanischen Verhaltens der Schiene und der intermaxillären Gummizüge zu berichten.

Zum besseren Verständnis der Fortschritte auf dem Gebiet der Kieferbruchbehandlung soll die historische Entwicklung bis zu dem modernen Verfahren der Kunststoffschienung anhand weniger Daten erläutert werden.

Die Kieferbruchbehandlung wurde im Laufe der vergangenen Jahrhunderte sehr verschieden gehandhabt. HIPPOKRATES berichtet in seinen Schriften über damalige Behandlungsmethoden. Danach wurde ein kombinierter intraoral-extraoraler Verband verwendet, indem er intraoral durch Ligaturen aus Roßhaar die Fragmente in die Kauebene einstellte und dann durch eine Kinnschleuder in der Occlusion fixierte.

Im Mittelalter erlebte dann die Behandlungsweise, wie alle chirurgische Tätigkeit, einen tiefen Niedergang. Erst als sich die Zahnheilkunde zu einem selbständigen Fach entwickelte, nahm auch die Kieferbruchbehandlung einen erneuten Aufschwung (GEIST-JACOBI). Der entscheidende Schritt wurde am Ende des vergangenen Jahrhunderts durch SAUER geleistet mit der Einführung der nach ihm benannten Schienungsmethode. Es wurden im Ober- und Unterkiefer labial je ein Eisendraht an die Zähne angebogen und mit um die Zähne geführten Ligaturen fixiert.

Intermaxilläre Gummizüge hielten dann den Biß in der normalen Occlusion fest und ließen die Brüche in dieser Stellung zur Ausheilung gelangen.

Die weitere Entwicklung wurde vor allem durch neue Materialien vorangetrieben. So führte HAUPTMEYER den V₂A-Stahl in die Kieferbruchtherapie ein, der von dort bald auch in vielen anderen medizinischen Gebieten seine Anwendung fand, wie bei dem partiellen Knüpfverband nach HEUSER.

In letzter Zeit wurden vielfach auch die Kunststoffe, besonders die schnellhärtenden Polymerisate, in der Kieferbruchbehandlung verwendet.

SCHUCHARDT legt einen der SAUERSchen Schiene ähnlichen Verband an, wobei sorgsam darauf geachtet wird, daß kein Kontakt zwischen Schiene und Gingiva auftritt. Ein Abrutschen der Schiene auf die Gingiva wird durch Fixierung mit Kaltpolymerisat verhindert.

M.HOFMANN ligiert zunächst jeden einzelnen Zahn und legt dann ein Metallhohlband aus Messing von buccal über die Ligaturen. Das Metallhohlband wird mit flüssigem Kaltpolymerisat ausgefüllt und angedrückt. An ihm befinden sich Haken zur Aufnahme der intermaxillären Gummizüge.

NEUNER, SCHÖN, SCHRUDDE und WIRTH verwenden verschiedenartige prothesenähnliche Schienen mit Labial- oder Lingualbügeln oder beiden gemeinsam, die im Munde mit Ligaturen um die Zähne fixiert werden. Die Schienen werden im Labor, teils auch freihändig in der Mundhöhle hergestellt.

H.GRASSER nimmt glasklares Kaltpolymerisat und stellt darauf eine Art Kappenschiene her, unter Freilassung der Gingiva. Vor dem Erhärten des Kunststoffes werden durch Occlusions- und Artikulationsbewegungen die Schliiffacetten der Zähne freigelegt. Dann werden Ober- und Unterkiefer unter Kontrolle der Occlusion mit Kunststoff verblockt. Die Schiene läßt sich in dieser Form oder zweiteilig, für Ober- und Unterkiefer getrennt,

auch im Labor vorfertigen. Sie wird dann am Patienten mit flüssigem Kaltpolymerisat eingesetzt. Bei der für Ober- und Unterkiefer getrennt hergestellten Schiene ist so eine elastische Immobilisation möglich.

Der Kunststoff hat die alten Materialien aber nicht völlig verdrängt. Heute werden Schienen aus V₂A-Stahl und aus Kunststoff nebeneinander angewandt oder miteinander kombiniert.

II. Die in Marburg geübte Methode der Kunststoffschienung und ihre Variationsmöglichkeiten

Die in Marburg entwickelte Schienungsmethode gehört zu den freihändig hergestellten Kieferbruchschienen. Sie sei hier zum besseren Verständnis der Arbeit kurz erläutert.

1) Darstellung der Schienungsmethode

Das zur Schienung benötigte Instrumentarium zeigt Abbildung I.



Abbildung I: Das zur Herstellung der Schiene benötigte Instrumentarium. Hintere Reihe: Monomeres und Polymeres des Kaltpolymerisats in Behältern. Davor ein Dappengläschen und Anrührspatel zum Anrühren des Kunststoffes und ein doppelendiger Füllspatel zum Modellieren der Schiene. Daneben zwei Größen der intermaxillären Gummizüge und der Ligaturendraht (0,35mm Ø). Vordere Reihe: Mundspiegel, Pincette, Hebel zum Andrücken des Ligaturendrahtes, Drahtschere, Korkhausche Ligaturenzange und Middelopscher Mundwinkelhalter.

Zur Herstellung der Schiene wird um jeden einzelnen Zahn der Draht herumgeführt und labial bzw. buccal verdrillt, wie Abb. II zeigt.

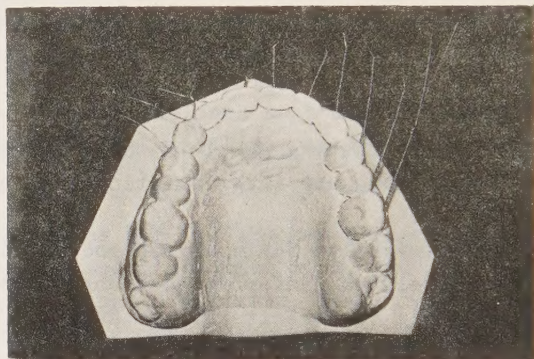


Abbildung II: Anlegen der Ligaturen. Von der linken zur rechten Bildseite wird die Herstellung der Ligaturen gezeigt: Umschlingen jedes einzelnen Zahnes und verdrillen des Drahtes. Im Seitenzahnbereich reichen die Drahtenden aus dem Mundwinkel heraus, um Verletzungen der Schleimhaut zu vermeiden.

Dann wird das Gebiß trockengelegt und anschließend in Rückenlage des Patienten das Kaltpolymerisat in tropfender Konsistenz aufgetragen und mit einem Spatel so geformt, daß ein fester Schienenverband entsteht. Durch die flache Rückenlage des Patienten erreicht man, daß der Kunststoff in die gewollte Richtung und nicht vom Alveolarfortsatz herabfließt. Die Anbringung des Kunststoffes wird auf der linken und rechten Kieferhälfte in zwei getrennten Arbeitsgängen vorgenommen.

In Abbildung III erkennt man im linken Molarenbereich die abgetrennten Drahtenden, die im Frontzahnbereich bereits zu Haken gebogen sind. Am Bruchspalt ist die Schiene zunächst unterbrochen. Erst nach manueller Reposition und Anbringung

der intermaxillären Gummizüge wird die Schiene am Bruchspalt durch wenige Tropfen Kaltpolymerisat verbunden.

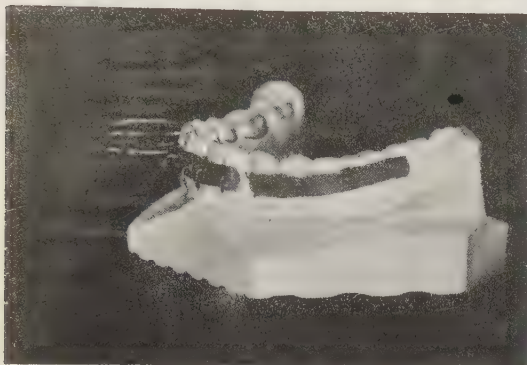


Abbildung III: Die halbfertige Schiene, am Bruchspalt unterbrochen. Im Frontzahnbereich bereits fertige Haken

Wenn eine Reposition augenblicklich nicht möglich ist, wird die Schiene zunächst in Teilen hergestellt (Abb. IV) und nach Reposition, wie oben angegeben, vereinigt (Abb. V).

Die Entfernung der Schiene geschieht durch Einschlitzten mit einem Bohrer von labial und Absprengen des Kunststoffes mit einem Spatel. Die Ligaturen lassen sich im Frontzahnbereich vorher von palatinal durchtrennen. Bei Verwendung durchsichtigen Kunststoffes kann man die Ligaturen von labial mit einem Bohrer durchtrennen und erleichtert sich so das Absprengen der Kunststoffschiene.

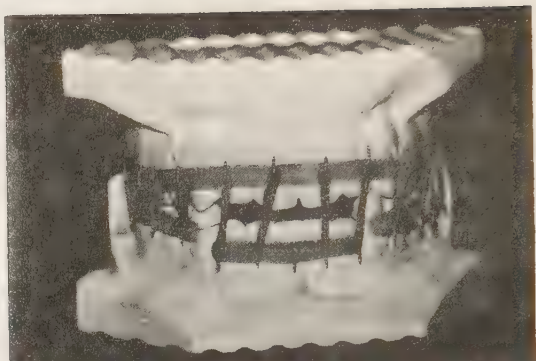


Abbildung IV: Die Schiene blieb an den Bruchspalten des abgesunkenen Fragmentes unterbrochen. Die Reposition des Unterkieferfrontzahnfragmentes wird durch den Dauerzug der intermaxillären Gummizüge bewirkt.

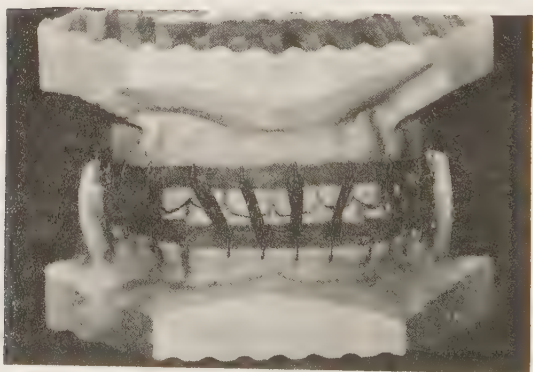


Abbildung V: Nach der Reposition (Abb. IV) wurden die Schienenteile an den Bruchspalten durch flüssiges Kaltpolymerisat verbunden und die Fragmente durch intermaxilläre Gummizüge in der Occlusion fixiert.

2) Die Variationsmöglichkeiten

Die Verwendung schnellhärtender Kunststoffe gibt die Möglichkeit, an dem Schienenkörper jederzeit Ergänzungen vorzunehmen oder überflüssig gewordene Teile zu entfernen.

Einen kleinen Einblick in die sehr zahlreichen Variationsmöglichkeiten und die damit verbundenen großen Vorteile dieser Methode sollen die nachstehenden Abbildungen vermitteln.

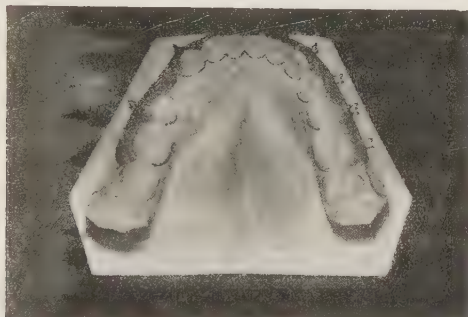


Abbildung VI: Überbrückung einer Zahnlücke. Ein vorgeformtes, noch plastisches Stück Kaltpolymerisat wird in die Zahnlücke eingefügt und mit flüssigem Kaltpolymerisat zum Schienenverband vervollständigt.



Abbildung VII: Anbringung extraoraler Bügel zur Fixierung von Oberkieferfragmenten gegen den Schädel mit Hilfe einer Kopfgipskappe. Die Vierkantkanülen, in denen die extraoralen Bügel stecken, werden an beiden Enden mit Vaseline verschlossen, auf die verdrehten Drahtenden gelegt und mit Kunststoff fixiert.

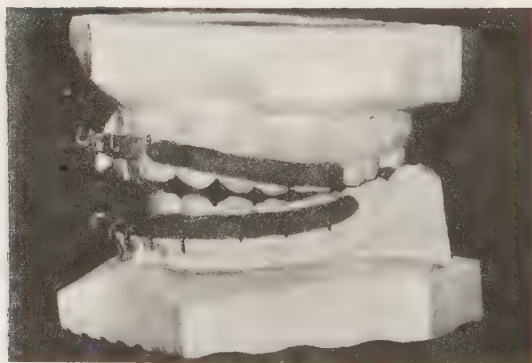


Abbildung VIII: Die schiefe Ebene, angewandt bei intrudierten Zähnen oder zurückgesunkenem Oberkieferfragment. Der Kunststoff liegt kappenförmig über den unteren Frontzähnen. Die Herstellung der schiefen Ebene geschieht direkt im Munde oder im Labor.

III. Experimenteller Teil

Im Rahmen meiner experimentellen Untersuchungen überprüfte ich folgende Fragen:

- a) welche Zugkräfte entstehen durch die intermaxillären Gummizüge verschiedener Größe. Es wurden Gummizüge benutzt, die noch nicht Kontakt mit der Mundhöhle gehabt hatten.
- b) das mechanische Verhalten des bei der Schienung verwendeten Kunststoffes unter der bei der Schienung auftretenden Belastung.

Zunächst möchte ich mich mit dem ersten Teil der Fragestellung befassen.

- A) Kraftdehnungskurven der zur intermaxillären Immobilisation benutzten Gummizüge

Die für die intermaxilläre Fixierung verwendeten Gummiringe, wie sie auf Abb. V zu erkennen sind, werden nach den Angaben der Hersteller aus einer etwa 1 mm starken Platte aus Paragummi in ineinanderliegenden konzentrischen Ringen gestanzt. Die Gummis sind kreisrund und nach verschiedenen Größen eingeteilt. Die Größe gibt den Innendurchmesser in Millimetern an. Die für die Versuchsreihe benötigten Gummizüge wurden freundlicherweise von der Firma Heinz & Laufer zur Verfügung gestellt.

1) Versuchsanordnung

Um die Kräfte zu messen, die bei bestimmter Dehnung der Gummizüge auftreten, bediente ich mich einer Versuchsanordnung, die auf Abb. IX zu erkennen ist. An einem Laborständer wurde eine Meßskala aus Millimeterpapier angebracht. Am Kopf der Apparatur befand sich eine Schraube, die im einzelnen aus der Abbildung zu erkennen ist. In den an der Schraube angebrachten Haken wurden die Gummizüge eingehängt. Mittels der oben in der Abbildung zu erkennenden Flügelschraube konnte der untere Rand des Gummizuges auf die Nulllinie eingestellt werden. Die eingebaute Druckfeder hielt den Haken in der jeweils tiefstmöglichen Lage.

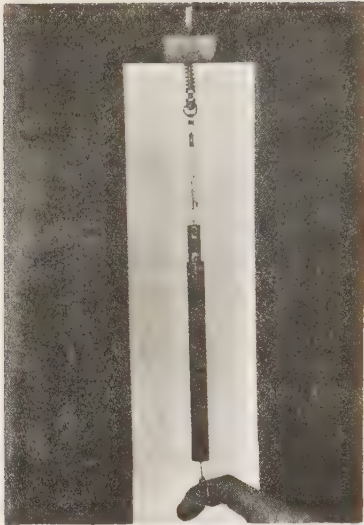


Abbildung IX:
Versuchsanordnung zur
Messung der Gummikräfte
bei bestimmter Dehnung.
Man erkennt die Meß=
skala, die Aufhängung
und die Federwaage mit
dem dazwischen gespann=
ten Gummizug.

Zur Messung der bei der Dehnung der Gummizüge auftretenden Kräfte bediente ich mich einer Federwaage, wie sie auf der Abbildung zu erkennen ist.

Eine Federwaage besteht aus einer einfachen Zugfeder, die innerhalb ihres Proportionalitätsbereiches für die Messung von Kräften geeicht wurde. Die Feder selbst ist mit einer Meßskala umwickelt und am Deckel eines Rohres befestigt, dessen unterer Rand der Ablesung dient. Bei Anwendung einer Kraft dehnt sich die Meßfeder und die Meßskala tritt aus dem umgebenden Rohr heraus.

Für die Versuche wurden nur unbenutzte Gummizüge verwendet. Belastungsversuche mit schon benutzten Gummis waren nicht meine Aufgabe. Die Messungen wurden folgendermaßen durchgeführt: Der Gummiring wurde an den Haken gehängt und entsprechend der Größe des Sortiments mit dem unteren Rand des Gummis auf die Nulllinie eingestellt. Der Gummiring hing dabei so

dicht vor der Meßskala, daß bei waagerechter Anpeilung kein Ablesefehler durch die Parallaxe auftreten konnte. Ein meßbares Durchhängen durch das Eigengewicht des Gummiringes war nicht zu erkennen. Das Aufhängesystem selbst zeigte bei den größten auftretenden Kräften keine auf der Meßskala ablesbaren Längenveränderungen. Die Gummizüge wurden dann in Stufen von jeweils 0,5 cm bis auf 4 bzw. 4,5 cm ausgezogen, wobei die auftretende Kraft jeder Stufe gemessen wurde. Die Ablesung der Länge erfolgte wieder am unteren Rand des Gummizuges. Beim Ablesen wurden Fehler durch Parallaxe vermieden.

Bei der Messung spielte der Zeitfaktor eine nicht unwesentliche Rolle. Wurde der Gummiring schnell auf eine bestimmte Länge ausgezogen, ließ die anfängliche Zugkraft bald etwas nach und der Gummiring wurde länger, wenn nicht mit der Zugkraft der Federwaage nachgegeben wurde. Dieser Vorgang dauerte zwischen 10 und 15 Sekunden. Dann blieb die Kraft anscheinend konstant, was sich bei Vorversuchen für einige Minuten bestätigen ließ. Auf diese Dinge wurde genau geachtet und daher wie folgt abgelesen. Die Messung der auftretenden Kraft erfolgte jeweils etwa eine halbe Minute, nachdem der Gummiring auf die nächstfolgende Länge ausgezogen war, wobei, wie erwähnt, in den ersten 10 bis 15 Sekunden mit der Zugkraft der Federwaage zurückgegangen werden mußte.

Die verwendete Federwaage wurde anhand von geeichten Gewichten in ihrer Genauigkeit überprüft. Dabei zeigte sich kein ablesbarer Meßfehler. Ein geringer Fehler entstand dadurch, daß die Federwaage bei der Messung auf dem Kopf stand (Abb. IX). Der Unterschied gegenüber der aufrechten Messung betrug etwa 1 pond¹⁾ und wurde nicht berücksichtigt, da er relativ gesehen nicht ins Gewicht fiel. Die Ablesegenauigkeit der Feder=

1) Ein pond ist die technische Einheit der Kraftmessung. Nach dem zweiten Newtonschen Axiom $K = m \cdot b$ ist im cgs-System $1 \text{ pond} = 981 \text{ g cm s}^{-2} = 981 \text{ dyn}$. Auf der Erde übt die Masse von 1 Gramm die Kraft von 1 pond auf seine Unterlage aus.

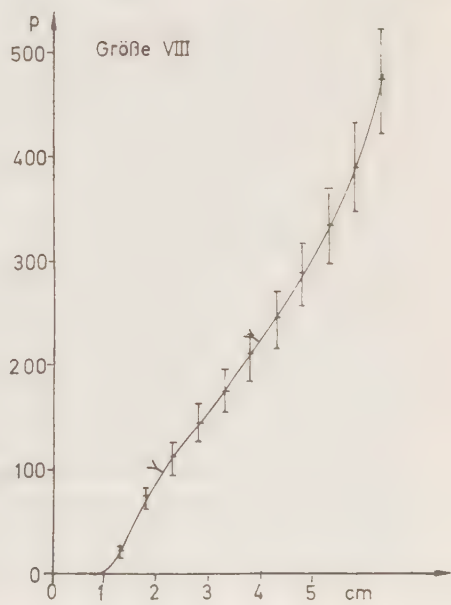
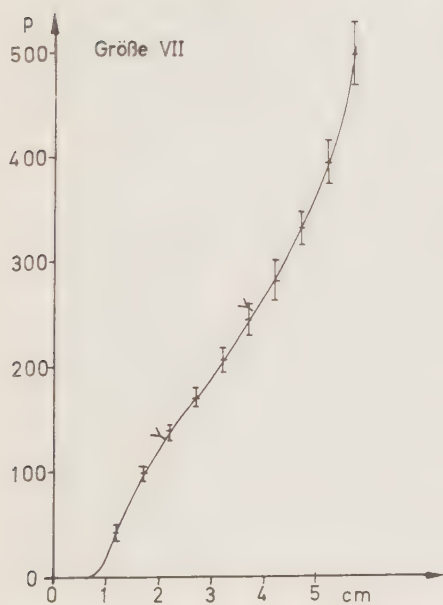
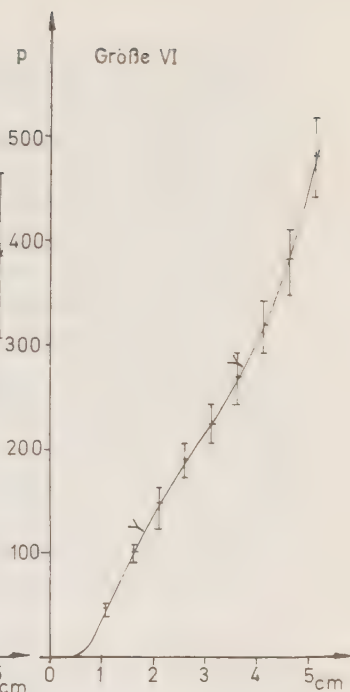
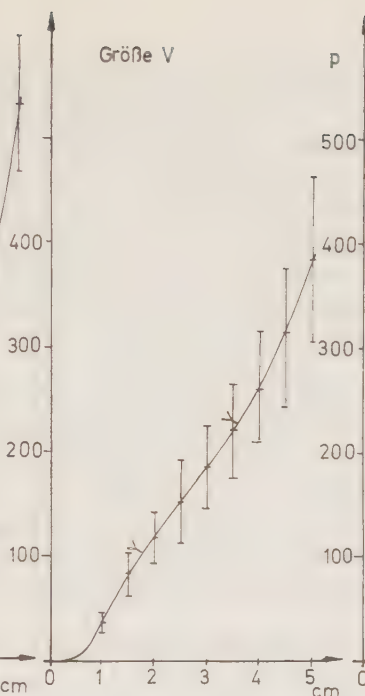
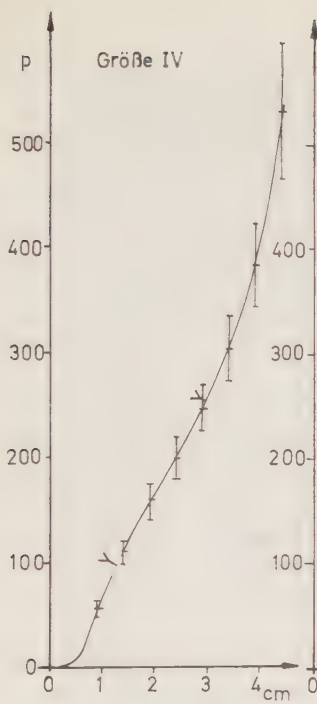
waage betrug 2,5 pond. Kleinere Differenzen konnten geschätzt werden. Im einzelnen wurden fünf Größen der Gummizüge der oben erwähnten Firma benutzt, und zwar die Größen IV bis VIII, die also einem Innendurchmesser von 4 bis 8 Millimetern entsprechen und die in der Kieferbruchbehandlung am häufigsten verwendeten Größen darstellen. Die Dicke des Gummiringes ist im Querschnitt ein Quadratmillimeter. Es wurden rote Gummizüge verwendet.

Von jeder Größe wurden 100 Gummiringe in der oben beschriebenen Weise durchgemessen. Für die jeweilige Dehnungslänge ergab sich aus je 100 Einzelmessungen ein bestimmter arithmetischer Mittelwert. Von jedem Mittelwert wurde die mittlere Abweichung σ_M berechnet und in den in den Text eingefügten Tafeln und Tabellen dargestellt.

2.a) Ergebnisse

Die Tafeln auf Seite 15 zeigen die Kraftdehnungskurven der einzelnen Größen der Gummizüge. Als Abszisse wurde die Dehnung der Gummizüge (in cm) aufgetragen, auf der Ordinate sind die dabei auftretenden Kräfte (in pond) ablesbar. Zu jedem Mittelwert wurde graphisch nach oben und unten die mittlere Abweichung des Mittelwertes aufgetragen ($\pm \sigma_M$).

Tafel I (Seite 15): Die Kraftdehnungskurven der Gummigrößen IV bis VIII. Die Nummer der Größe entspricht dem Innendurchmesser der Gummiringe in Millimetern. Die Kurven beginnen nicht im Nullpunkt, sondern um den Innendurchmesser des jeweiligen Gummiringes nach rechts verschoben, da bei Beginn der Dehnung die beiden Angriffspunkte der Dehnungskräfte bereits einen Abstand voneinander haben, der genau dem Innendurchmesser des jeweiligen Gummiringes entspricht. (Siehe auch Versuchsanordnung auf Seite 12.)



Bei Beginn der Dehnung haben die beiden Angriffspunkte der Dehnungskräfte bereits einen Abstand voneinander, der genau dem Innendurchmesser des jeweiligen Gummiringes entspricht. Daher beginnen die Kurven, wie sie auf den Tafeln zu erkennen sind, nicht im Nullpunkt, sondern um den Innendurchmesser des jeweiligen Gummiringes nach rechts verschoben. Dort beginnt ein S-förmiger Anstieg der Kurve, dem eine gerade Strecke folgt, die mit Y-förmigen Zeichen markiert wurde, und als dritter Teil eine ansteigende Krümmung.

Die Deutung des Kurvenverlaufs ist für jeden der drei Abschnitte eine besondere. Da die verwendeten Gummizüge kreisrund sind, werden sie anfänglich bei der Dehnung zunächst in die Form zweier paralleler Gummisaiten gespannt. Bei dieser Verformung des Gummiringes wird die eigentliche Gummisubstanz noch wenig gedehnt, und es treten nur sehr geringe Kräfte auf. Die Kurve hebt sich daher zunächst nur wenig von der Abszisse ab.

Der zweite Teil der Kurve wurde zeichnerisch durch die beiden Y-förmigen Zeichen abgegrenzt. Dieser Teil ist eine Gerade und sagt damit aus, daß die Gummizüge in diesem Bereich dem Hooke= schen Gesetz folgen. Das bedeutet, daß die Verformung (Längen= änderung) der Kraft direkt proportional ist. Weiterhin wird dadurch ausgesagt, daß der Körper (Gummizug) in dem genannten Bereich bestrebt ist, in seine Ausgangslage zurückzukehren. Die für diesen Teil der Kurve beschriebenen Eigenschaften der Gummizüge entsprechen also den Gesetzen der Elastizität. Allerdings gilt das für die verwendeten Gummizüge nicht im strengen Sinne. Dauerbelastungen würden von diesen Ergebnissen abweichen, wie orientierende Dehnungsversuche über viele Stunden zeigten. Die Gummizüge behielten nicht ihre Anfangselastizität, sondern dehnten sich unter dem Dauerzug etwas mehr, als es der anfänglichen Ausgangsdehnung entsprach, und gingen nach Aufhebung der Dehnungskraft, auch nach mehreren Minuten, nicht völlig in die ursprüngliche Form zurück. Meine Aufgabe war es, die Dehnungskraft von neuen Gummis, wie sie für die Reposition verwendet werden, zu ermitteln.

Der dritte Teil der Kurve steigt in einem Bogen immer steiler an. Das bedeutet, daß in diesem Teil pro zusätzlicher Kraft= einheit eine immer geringer werdende Längenänderung erreicht wird. Hier setzt also die molekulare Struktur des Gummis der dehrenden Kraft einen immer größer werdenden Widerstand entgegen. Es entsteht in diesem Bereich eine deutliche Verformung, die dadurch sichtbar wird, daß der Gummidurchmesser um zwei Millimeter zugenommen hatte, wenn man den Gummizug in die Null= lage zurückgehen ließ. Hier war also die Elastizitätsgrenze überschritten, und die Gummisubstanz begann zu "fließen". Daher spielte der Zeitfaktor bei der Ablesung der Meßergebnisse eine besondere Rolle. Die relativ große Streuung in diesem Bereich ist darauf zurückzuführen.

2.b) Die Meßergebnisse für die verschiedenen Gummigrößen im einzelnen

Für die Größe IV ergaben sich folgende Werte:

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	cm Deh=
M	56,10	111,90	157,10	201,45	248,00	306,20	385,80	529,20	nung
δ_M	2,12	1,11	1,55	2,11	2,41	3,02	3,95	6,47	pond
Proportionalitätsgrenzen 1,30 bis 3,50 cm $\Delta p/mm = 9,07$									

In dieser Tabelle ist als Kopf die jeweilige Dehnung von 0,5 bis 4,0 Zentimetern eingetragen, entsprechend der oben beschriebenen Versuchsanordnung. In der Zeile darunter stehen die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte (in pond) aus je 100 Einzelmessungen für jede Dehnungslänge. Darunter sind dann die Ergebnisse der statistischen Berechnungen in Form der mittleren Abweichung des Mittelwertes δ_M eingetragen. Die Proportionalitätsgrenzen, wie sie aus der graphischen Darstellung abgelesen werden konnten, reichen von 1,30 bis 3,50 cm Dehnung. In diesem Bereich verläuft die Kurve also als Gerade, was den Gesetzen der Elastizität entspricht, und es läßt sich daher ein bestimmter Kraftzuwachs pro Längeneinheit darstellen. Dieser wurde als $\Delta p/mm$ bezeichnet und beträgt für die Größe IV

9,07 pond/mm. Er drückt die Steilheit der Geraden im Proportionalitätsbereich aus. Entsprechend dieser Tabelle sahen die Einzelergebnisse für die übrigen Gummigrößen folgendermaßen aus (siehe Seite 19).

Vergleicht man die Tabellen, so fällt auf, daß die Gummigröße IV nur bis 4 cm gedehnt wurde, die übrigen Größen stärker bis zu 5,5 cm bei Größe VIII. Der Grund hierfür liegt darin, daß die größeren Gummiringe erst bei stärkerer Dehnung den Proportionalitätsbereich überschreiten und in den ansteigenden Kurvenverlauf übergehen, wie ihn die Tafeln auf Seite 15 zeigen.

Die obere und untere Grenze des Proportionalitätsbereiches verschiebt sich mit zunehmender Größe der Gummizüge. Je kleiner der Gummizug, desto eher beginnt der Proportionalitätsbereich und desto eher hört er wieder auf und geht in den Bereich bleibender Verformung über. Die oberen Grenzen liegen zwischen 3,50 cm bei Größe IV und 4,05 cm bei Größe VIII. Die Steilheit der Kurven in diesem Proportionalitätsbereich, ausgedrückt durch die Kraftänderung Δp pro Millimeter Dehnung, ist erwartungsgemäß für die kleinste Größe (4 mm Innendurchmesser) am größten, d.h. je kleiner der Gummiring, desto mehr Kraft muß man für eine bestimmte Längenänderung aufwenden.

Beim Vergleich des Anstiegs der Kurven im Proportionalitätsbereich = $\Delta p/\text{mm}$ (S. 17f und Kurven S.15) fällt ein deutlicher Sprung bei der Größe V auf. Auch die Streuungen der Meßwerte, ausgedrückt durch ϵ_M , sind hier besonders groß. Die Gummiringe dieser Größe entwickelten also bei der Dehnung eine relativ geringe Zugkraft und die Kurve verlief dementsprechend im Proportionalitätsbereich flacher, als es im Vergleich mit den übrigen Gummigrößen zu erwarten war. Ich kann mir dieses nur durch zu lange oder unsachgemäße Lagerung oder durch eine Änderung in der Materialzusammensetzung erklären.

Bei dem graphischen Vergleich der Kraftdehnungskurven der verschiedenen Gummigrößen, wie er in Tafel III angestellt wurde, wurde daher die Größe V nicht berücksichtigt. Man erkennt auf

Größe Nr. V:

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	cm
M	35,38	82,19	118,50	149,85	185,80	222,90	261,60	313,40	386,85	
cm	3,25	2,17	2,48	4,10	3,86	4,64	5,40	6,94	8,32	pond

Proportionalitätsgrenzen 1,80 bis 3,60 cm $\Delta p/mm = 6,96$

Größe Nr. VI:

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	cm
M	45,30	100,35	144,30	185,70	226,80	271,70	320,05	382,30	485,40	
cm	1,57	2,60	2,20	1,63	1,84	2,49	2,53	2,99	3,90	pond

Proportionalitätsgrenzen 1,85 bis 3,70 cm $\Delta p/mm = 8,49$

Größe Nr. VII:

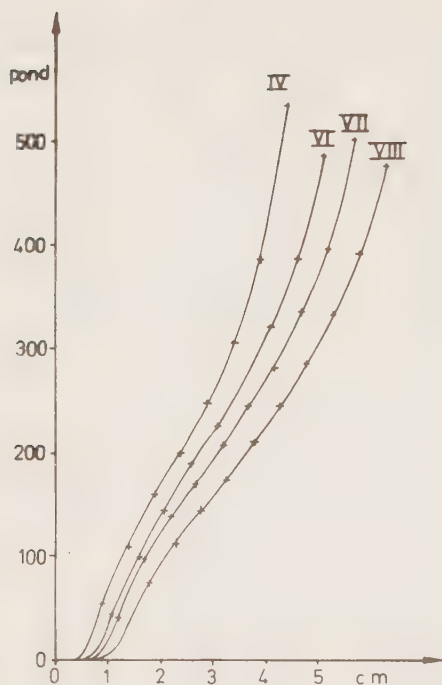
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	cm
M	42,05	98,05	137,80	171,85	208,00	244,65	283,80	332,05	394,30	500,45	
cm	0,38	2,11	0,82	2,93	1,15	1,28	1,54	1,70	2,19	2,81	pond

Proportionalitätsgrenzen 2,05 bis 3,85 cm $\Delta p/mm = 7,12$

Größe Nr. VIII:

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	cm
M	22,20	76,70	113,60	145,10	176,75	210,50	245,75	287,70	332,95	389,95	476,10	
cm	0,62	1,12	1,48	1,88	2,19	2,55	2,87	3,21	3,57	4,35	5,09	pond

Proportionalitätsgrenzen 2,15 bis 4,05 $\Delta p/mm = 6,46$



Tafel III: Die Kraft=dehnungskurven der Gummigrößen im Ver=gleich. Größe V wurde dabei außer Acht ge=lassen (siehe Text). Die Kurven zeigen die gleiche Form, aber verschiedene Steilheit.

dieser Tafel die für alle Gummigrößen gleichen Kurvenformen, die sich in der Steilheit unterscheiden.

3) Besprechung der Ergebnisse

Aus den Untersuchungen lassen sich zwei wesentliche Ergebnisse entnehmen. Man erkennt einerseits, welche Kräfte bei bestimmter Dehnung auftreten und andererseits, wann die obere Proportionalitätsgrenze erreicht ist. Die obere Proportionalitätsgrenze liegt zwischen 3,5 cm bei der Gummigröße IV und 4,05 cm bei der Gummigröße VIII. Bei Überschreitung dieser Grenze würde eine dauernde Verformung und, was praktisch entscheidend ist, ein Nachlassen der Elastizität die Folge sein.

a) Die bei Verwendung der Gummizüge im Munde auftretenden Kräfte

Um von den Tafeln die im Munde bei der Reposition oder Fixierung notwendigen Kräfte ablesen zu können, mußte zunächst festgestellt werden, wieweit die Gummizüge intermaxillär gedehnt werden müssen. Hierfür lassen sich keine allgemeingültigen Zahlen aufstellen, was leicht verständlich sein wird. Dislokationen und Bißanomalien sowie Abrasion und Form der Zähne werden den Abstand zwischen den Haken der Frakturschiene im Ober- und Unterkiefer jeweils individuell gestalten. Es kann sich bei den folgenden Erwägungen daher nur um Schätzungen handeln.

Zunächst möchte ich die Verhältnisse bei vollständig hergestellter Occlusion betrachten. An einer Reihe von Schädeln und Modellen wurde der Abstand von Zahnhals zu Zahnhals der jeweiligen Antagonisten gemessen. An einigen Modellen, die mit der oben beschriebenen Schiene versehen waren, ließ sich feststellen, um welchen Betrag der Abstand zwischen den Haken der Schiene im Ober- und Unterkiefer geringer ist, als der dazugehörige Abstand von Zahnhals zu Zahnhals. So konnte man aus dem Zahnhals-Zahnhals-Abstand auch für unbeschiente Modelle und Schädel den Haken-Haken-Abstand abschätzen. An den Gebissen, die für die Messungen zur Verfügung standen, lagen keine Fragmentdislokationen und keine wesentlichen Bißanomalien vor. Trotzdem schwankten die Meßergebnisse erheblich je nach Abrasion der Zähne. In der folgenden Tabelle sind daher die durchschnittlichen Abstände in zwei verschiedenen Reihen aufgeführt, je nach Abrasion.

Abstand der Haken der Kieferbruschienen zwischen den jeweiligen Antagonisten in Zentimetern:

	Incisivi		Canini	Prämolaren		Molaren
	1.	2.		1.	2.	1.
jugendlich	1,16	1,22	1,36	1,09	0,85	0,77
stark abradert	1,10	1,04	1,18	0,65	0,66	0,65

Bei der Dehnung 0 cm der Messungen (siehe Versuchsanordnung auf Seite 11/12 und Tabellen auf Seite 18/19) hatten die beiden Angriffspunkte der dehnenden Kräfte bereits einen Abstand voneinander, der dem Innendurchmesser der Gummiringe entsprach. Um es auf die Verhältnisse im Munde zu übertragen: Ein Gummiring der Größe VI wird bei einem Hakenabstand von 6 mm die Kraft 0 aufbringen, da 6 mm gerade seinem Innendurchmesser entspricht. Das wurde in den Tafeln auf Seite 15 bereits durch Verschiebung des Nullpunktes um den jeweiligen Innendurchmesser der Gummiringe berücksichtigt. Daher kann mit den Werten der obigen Tabelle direkt in diese Tafeln eingegangen werden, um die Gummikräfte bei bestimmtem Hakenabstand abzulesen.

Verbindet man bei einer Schiene, die beiderseits bis zum ersten Molaren reicht, jeweils die Haken der Antagonisten miteinander, so braucht man dazu zwölf Gummizüge. Bei der Gummigröße IV würde dann eine gesamte intermaxilläre Kraft von 910 pond auftreten, bei dem im Seitenzahnbereich stark abradierten Gebiß eine Gesamtkraft von 590 pond.

Man erkennt, daß die Gummizüge im Seitenzahnbereich zum Teil nur wenig gedehnt werden, vor allem beim stark abradierten Gebiß. Dadurch treten nur minimale Kräfte auf. Deshalb wird oft ein Gummiring über ein Haken gehängt, dann im ganzen um das Haken im Gegenkiefer geschlungen und wieder in das Ausgangshaken eingehakt. Dadurch erhöht sich die gesamte intermaxillär wirkende Kraft erheblich, und man kommt auf Werte von insgesamt 2160 bzw. 1770 pond (letzterer Wert beim abradierten Gebiß).

Wenn man statt der Größe IV die größten Gummis benutzt, die hier verwendet wurden, also die Größe VIII, so erkennt man, daß bei einfacher Dehnung über die Haken die Abstände so klein sind, daß zum Teil keine Zugkräfte auftreten. Diese Gummizüge müssen also zum mindesten im Seitenzahnbrereich in der oben beschriebenen Art verspannt werden, um noch eine wirksame Kraft zu erreichen. Würde man, wiederum bei einer Schiene vom ersten Molaren zum ersten Molaren in Occlusion, die Gummizüge

der Größe VIII derart rücklaufend verspannen, so käme man auf 1180 pond im jugendlichen Gebiß und auf 780 pond im Gebiß, das stärkere Abrasionen zeigt. Mit den übrigen Gummigrößen käme man erwartungsgemäß auf Kräfte, die zwischen den oben angegebenen Extremen liegen.

b) Die Proportionalitätsgrenzen der Kraftdehnungskurven und ihre Folgerungen

In Occlusionsstellung der Kiefer werden die Gummizüge nicht über die obere Proportionalitätsgrenze hinaus gedehnt, auch wenn sie rücklaufend gespannt werden. Hierbei war die größte Dehnung der Gummizüge, die an den vermessenen Gebissen auftreten konnte, 2,3 cm. Anders lagen die Verhältnisse bei einer Kiefersperre. Schon bei einer Sperrung von 0,6 cm im Frontzahnbereich wäre beim rückläufig gespannten Gummizug die Proportionalitätsgrenze auch für Größe VIII überschritten. Ein baldiges Nachlassen der Zugkraft wäre zu erwarten. Man kann dann die angegebenen Gummizüge nur noch einfach spannen. Treten Häkchenabstände von über vier Zentimetern auf, so müssen größere als Größe VIII verwendet werden. Solche Häkchenabstände wären bei einer Kiefersperre im Frontzahnbereich von etwa 2,1 cm zu erwarten.

Wie orientierende Versuche über lange Zeit gezeigt hatten, läßt auch im Proportionalitätsbereich die Kraft des Gummizuges nach bzw. der Gummizug dehnt sich unter einer gleichbleibenden Zugkraft. Es läßt sich daher vermuten, daß bei längerdauernder Dehnung die obere Proportionalitätsgrenze sich in Richtung auf die untere verschiebt. Das hätte zur Folge, daß man bei der Dehnung der Gummizüge nicht zu nahe an die obere Proportionalitätsgrenze gehen sollte, wenn man eine einigermaßen konstante Zugkraft beibehalten möchte.

Die untere Proportionalitätsgrenze ist praktisch ohne Bedeutung. Sie ist eine Eigenart der Gummiringe. Würde man eine gerade Gummisaite spannen, so läge die untere Proportionalitätsgrenze im Nullpunkt.

B) Untersuchungen über das mechanische Verhalten des Kunststoffs der Schiene

1) Darlegung der Aufgabe

Eine weitere Fragestellung veranlaßte folgende Untersuchung. Wenn nach einem Trauma Ober- und Unterkiefer geschient werden sollen, so werden mit der Schiene auch traumatisch gelockerte Zähne gleichzeitig an den Nachbarzähnen fixiert. Gelockerte oder gar replantierte Zähne bilden für die intermaxilläre Fixierung einen Schwachpunkt, da die Schiene für den vertikalen Zug der intermaxillären Fixierung über die gelockerten Zähne keinen Halt am Kiefer finden kann. Die Schiene muß solche Schwachpunkte überbrücken und überträgt die vertikale Zugkraft auf die nicht gelockerten Nachbarzähne. Je steifer die Schiene ist, desto gleichmäßiger wird die Kraft auf die Nachbarzähne verteilt. Mit anderen Worten: Je biegsamer der Schienenverband ist, um so mehr werden nur die beiden festen Nachbarzähne die vertikale Zugkraft halten, weil die Kraft nicht genügend auf die weiteren Nachbarzähne übertragen wird. Gleichzeitig wird ein gelockerter Zahn um so mehr aus der Alveole gezogen, je biegsamer die Schiene ist.

Es war meine Aufgabe zu untersuchen, wie weit innerhalb einer feststehenden Zahnreihe ein gelockerter Zahn bei der einleitend beschriebenen Draht-Kunststoffschiene aus der Alveole herausgezogen wird, wenn an seinem Drahthäkchen ein Gummizug befestigt wird. In diesem Zusammenhang sollte festgestellt werden, welcher der verwendeten Kunststoffe die geringste Durchbiegung bei der im vorigen Abschnitt diskutierten vertikalen Zugkraft aufweist. Schließlich sollten die gewonnenen Ergebnisse mit den entsprechenden Eigenschaften der SAUERschen Schiene und dem HAUPTMEYERschen Schlaufendrahtverband verglichen werden.

2) Versuchsanordnung

Es mußte festgestellt werden, welche Durchbiegung ein Kunststoffstab bei bestimmter Belastung erfährt. Dazu bediente ich mich eines Auflichtmikroskopes. Auf Abbildung X erkennt man die Versuchsanordnung. Eine Stahlplatte mit einer zentralen Bohrung wurde in der Größe eines Objektträgers angefertigt. Als Auflage für den Kunststoffstab dienten zwei dachartige Querbalken mit möglichst scharfem First. Die Befestigung dieser Querbalken auf der objektträgerförmigen Platte ist aus der Abbildung ersichtlich. Als Abstand zwischen den beiden dachfirstartigen Auflagen wählten wir 17 mm, ein Durchschnittsmaß, das sich aus Messungen der Zahnabstände an Schädeln und Gebißmodellen ergab. Diesen Abstand stellte man z.B. im Oberkiefer

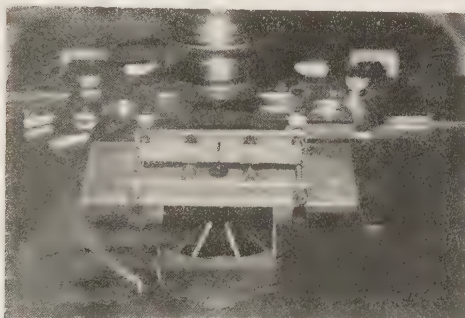


Abbildung X: Die Versuchsanordnung zur Messung der Durchbiegung von Kunststoffstäben unter dem Auflichtmikroskop. In der Mitte des Kunststoffstabes hängt, über einen Drahtbügel befestigt, eine Schale zur Aufnahme von Gewichten.

vom ersten Schneidezahn bis zum Eckzahn fest, jeweils von der Mitte der Labialfläche aus gemessen. Das entspricht also der Länge, die zur Überbrückung eines gelockerten bzw. replantierten seitlichen oberen Schneidezahnes nötig ist. Der gleiche Abstand ergibt sich bei der Überbrückung des Eckzahnes und jeweils eines der beiden Prämolaren im Oberkiefer. Erst bei der Überbrückung des mittleren oberen Schneidezahnes würde

sich diese Länge um 1 mm vergrößern, beim ersten oberen Molaren um 2 mm. Im Unterkiefer waren die gleichen Abstände um 1 mm geringer als 17 mm, im Molarenbereich gleich den Maßen im Oberkiefer, im Schneidezahnbereich geringer. Auf Grund dieser Meßergebnisse wurden 17 mm als Mittelwert für die Meßstrecke bei der Durchbiegung gewählt.

Wie man auf Abb. X erkennt, liegt der Kunststoffstab auf den beiden dachartigen Querbalken. Mitten über dem Kunststoffdach liegt eine in der Form angepaßte Drahtschlaufe, an der mit mehreren Fäden freischwebend eine Blechschale hängt zur Aufnahme von Gewichten. Wurden Gewichte auf die Schale gelegt, so bog sich der Kunststoffstab entsprechend durch. Damit sich die Auflagen nicht in den Kunststoffstab einschnitten, wurden kleine, plane Kupferblechstücke untergelegt.

Zur Messung der Durchbiegung diente das Auflichtmikroskop. Das mir zur Verfügung stehende Mikroskop (Modell Ortholux II der Firma Leitz) zeigte an der Mikrometerschraube eine geeichte Mikrometerskala. An dieser ließ sich ablesen, um wieviel Mikrometer das Objektiv herauf- oder hinabbewegt wurde. Jeder Teilstrich entsprach einem Mikrometer, sodaß zwischenliegende Werte geschätzt werden konnten. Wurde nun die Oberfläche des Kunststoffstabes vor und nach der Durchbiegung scharf eingestellt, so ließ sich die Differenz direkt an der Mikrometerskala ablesen und entsprach also der erfolgten Durchbiegung.

Das eigentliche Problem lag in der Herstellung der Kunststoffstäbe selber. Hierbei sollten weitgehend Verhältnisse nachgeahmt werden, wie sie bei der Schienung auftraten. Zunächst sollte die Stärke der Kunststoffschienen ermittelt werden. Dazu wurden nach der Heilung entfernte Schienenteile in ihrem Querschnitt auf Millimeterpapier gezeichnet und die Querschnittsfläche so zeichnerisch ermittelt. Auf Grund dieser Querschnittsermittlungen, die zwischen 7 und 13 mm² mit einer Häufung bei 9 mm² lagen, wurden die Kunststoffstäbe hergestellt. Die Stäbe hatten einen quadratischen Querschnitt, nach dessen Kantenlänge folgende Größen eingeteilt wurden:

Größe 1 $\hat{=}$ 2,7 mm Kantenlänge = 7,28 mm² Querschnittsfläche
 Größe 2 $\hat{=}$ 3,0 mm Kantenlänge = 9,0 mm² Querschnittsfläche
 Größe 3 $\hat{=}$ 3,6 mm Kantenlänge = 12,95 mm² Querschnittsfläche

Der Kunststoff wurde unter gleichen Bedingungen hergestellt, wie er für die Schienung im Munde verwendet wird. Er wurde auf eine Glasplatte getropft und in die etwaige Form gebracht. Nach Erhärten wurden die Stäbe ohne Erhitzung des Materials in die angegebenen Maße gefeilt und mit der Schublehre auf 1/10mm genau bemessen. Die Stäbe wurden unter Wasser aufbewahrt, entsprechend dem feuchten Milieu im Munde, und nach 48 Stunden den Belastungsproben unter dem Mikroskop unterworfen.

Es wurden verschiedene Kunststoffe miteinander verglichen: Paladur und Palavit der Firma Kulzer und P I-Prodentil der Firma Bayer. Von jedem Kunststoff wurden die oben genannten drei Größen hergestellt, und zwar 10 Kunststoffstäbe je Größe. Wenige Kunststoffstäbe zeigten bei den Messungen so abwegige Ergebnisse, daß sie später bei den statistischen Berechnungen mit Hilfe der Chauventschen Kriterien eliminiert werden konnten. An ihrer Stelle wurden neuhergestellte Stäbe verwendet.

Im einzelnen und zur Vermeidung von Fehlerquellen wurde dabei folgendes beachtet. Die Vermeidung des Einschneidens der scharfkantigen Auflagen in den Kunststoffstab wurde bereits erwähnt. Bei Leerversuchen zeigte sich, daß der Objektstisch selbst bei den verwendeten Gewichten um wenige Mikrometer nach unten durchbiegt. Dieses wurde entsprechend bei den Messungen berücksichtigt. Das Gewicht der Schale für die Aufnahme von Gewichten war relativ klein und wurde beim Ausgangspunkt der Meßreihe berücksichtigt.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle lag in der Ablesung. Mit dem stärksten mir zur Verfügung stehenden Auflichtobjektiv (22-fache Vergrößerung) wurde die Oberfläche des Kunststoffstabes betrachtet. Eingestellt wurde ein Teil direkt neben der Drahtschlaufe, an der die Schale mit den Gewichten hing, da der Draht selbst nicht unter der Belastung genau der Durchbiegung des Kunststoffstabes zu folgen brauchte. Wenn man unter

diesen Bedingungen die gleiche Situation mehrfach im Mikroskop neu einstellte, so ergab sich ein Ablesefehler, der kleiner als ± 1 Mikrometer war. Auf die Temperatur als mögliche Fehlerquelle wird noch gesondert eingegangen.

Ähnliche Versuche über die Durchbiegung von Methakrylaten wurden von SCHWICKERATH durchgeführt. Er verwendete andere Kunststoffe und eine Apparatur, die $1/10$ der hier angegebenen Meßgenauigkeit ermöglichte.

Andere Arbeiten, wie die von RINK oder von KRUSE und EICHNER beschäftigten sich mit den maximalen Belastungen von zahnärztlichen Kunststoffen.

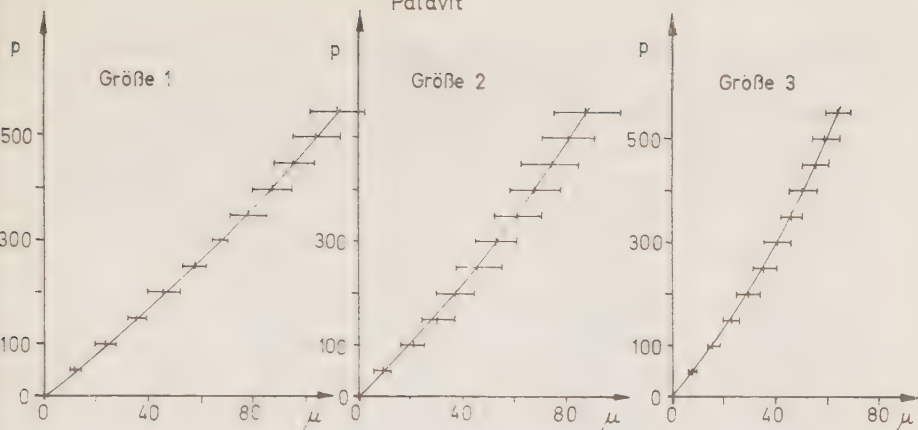
Eine andere Anwendung des Auflichtmikroskopes für Messungen fand sich in einer Arbeit von REITHER, der damit Gußobjekte vermaß. Ihm standen eine Reihe zusätzlicher Apparaturen zur Verfügung, mit denen eine Abschätzungsgenauigkeit von $0,1$ Mikrometer erreicht werden konnte.

3) Besprechung der Ergebnisse

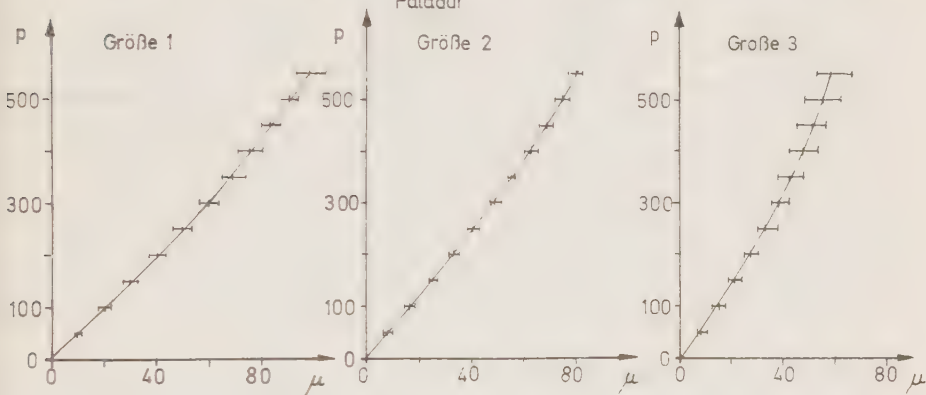
Die Meßergebnisse wurden in den folgenden Tafeln zeichnerisch dargestellt und in den daran anschließenden Tabellen als Zahlenwerte zusammengestellt. In Stufen von jeweils 50 pond wurde die Durchbiegung der Kunststoffstäbe gemessen. Neben den arithmetischen Mittelwerten wurde in den Tafeln die mittlere Abweichung des Mittelwertes $\pm \delta_M$ zeichnerisch dargestellt. Die

Tafel III (Seite 29): Die Kurven zeigen die Durchbiegung der Kunststoffstäbe bei Belastung; in der oberen Reihe Palavit, darunter das Paladur und in der unteren Reihe das PI-Prodentil. Die Größen 1 bis 3 entsprechen den verschieden starken Prüfkörpern (siehe Seite 27). Die jeweilige mittlere Abweichung des Mittelwertes $\pm \delta_M$ wurde graphisch mit in die Kurven eingetragen.

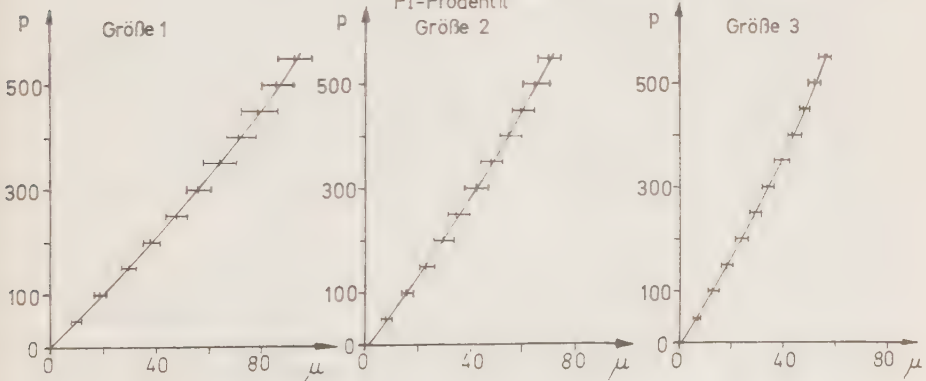
Palavit



Paladur



PI-Prodentil



Kurven zeigen einen fast geraden Anfangsteil und werden bei den größeren Belastungen immer steiler. Das bedeutet, daß bei zunehmender Belastung die Durchbiegung des Kunststoffstabes pro zusätzlicher Gewichtseinheit immer geringer wird. Die Erklärung hierfür liegt in dem nicht linearen elastischen Verhalten, wie es bei Kunststoffen auch in festem Zustand besonders ausgeprägt ist.

Vergleicht man die drei verwendeten Kunststoffe in den Tafeln miteinander, so erkennt man, daß die Durchbiegung von Palavit über Paladur zum PI-Prodentil abnimmt. Es wurde versucht, diese Unterschiede statistisch zu sichern. In der Tabelle II sind die hierfür statistisch wichtigen Werte enthalten. Mit Hilfe des Student- oder t-Testes wurde dabei festgestellt, wieweit die Unterschiede zwischen den Durchbiegungen der Kunststoffe signifikant sind. Die Größe P ist das Ergebnis der Berechnungen und wurde für jede Größe und für jede Stufe der Durchbiegung ermittelt. Im strengen Sinne wird für die Signifikanz eines Unterschiedes, auch bei biologischen Problemen, ein P von 0,05 oder kleiner verlangt. Die Werte für die signifikanten Unterschiede in der Durchbiegung der Kunststoffstäbe wurden in der Tabelle II wiedergegeben. Die übrigen Werte waren im Sinne der obigen Definition nicht signifikant.

Die Messungen wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt. Will man die Ergebnisse direkt auf die in der Mundhöhle auftretenden Veränderungen übertragen, so ist durch die in der Mundhöhle höhere Temperatur eine Fehlermöglichkeit gegeben. Freundlicherweise durfte ich in den hiesigen Laboratorien für Hochpolymere zwei Kontrollversuche durchführen, die ergaben, daß der Unterschied zwischen der Temperatur im Zimmer und der in der Mundhöhle keine sicheren Veränderungen der Meßergebnisse ergeben würde.

Zu diesem Zweck wurde ein Kunststoffstab in kochendes Wasser bei 96° C von 50,5 auf 102 mm auseinandergezogen. Nach Abkühlung blieb diese Länge bestehen. Der Kunststoffstab wurde in diesem Zustand in ein Messingrohr eingelegt und mit einem Ende

Tabelle I

Belastung		Mittlere Durchbiegung in Mikrometern $\pm \epsilon_M$		
N=10	pond	Größe 1	Größe 2	Größe 3
Palavit:	50	12,1 $\pm$ 0,78	8,8 $\pm$ 1,67	7,7 $\pm$ 0,99
	100	23,6 $\pm$ 1,73	21,1 $\pm$ 2,01	15,6 $\pm$ 0,88
	150	35,3 $\pm$ 1,42	30,2 $\pm$ 3,41	22,9 $\pm$ 1,55
	200	45,5 $\pm$ 2,91	37,2 $\pm$ 3,41	28,6 $\pm$ 2,10
	250	56,5 $\pm$ 2,20	45,6 $\pm$ 3,91	34,3 $\pm$ 1,87
	300	66,9 $\pm$ 2,64	52,8 $\pm$ 4,19	40,5 $\pm$ 2,19
	350	78,2 $\pm$ 3,22	61,0 $\pm$ 4,47	45,9 $\pm$ 2,21
	400	87,0 $\pm$ 3,44	67,5 $\pm$ 4,82	50,7 $\pm$ 2,17
	450	95,2 $\pm$ 3,83	73,7 $\pm$ 5,02	54,8 $\pm$ 2,39
	500	103,6 $\pm$ 4,36	80,3 $\pm$ 5,12	59,3 $\pm$ 2,46
	550	111,8 $\pm$ 4,78	87,0 $\pm$ 6,42	64,0 $\pm$ 2,26
Paladur:	50	10,4 $\pm$ 0,40	7,9 $\pm$ 0,18	8,5 $\pm$ 0,47
	100	20,5 $\pm$ 0,95	16,7 $\pm$ 0,39	15,1 $\pm$ 0,59
	150	30,4 $\pm$ 1,26	25,0 $\pm$ 0,30	21,2 $\pm$ 0,91
	200	40,3 $\pm$ 1,28	33,2 $\pm$ 0,60	27,0 $\pm$ 1,14
	250	49,3 $\pm$ 1,41	41,4 $\pm$ 0,80	32,5 $\pm$ 1,61
	300	59,8 $\pm$ 1,75	49,1 $\pm$ 0,77	38,0 $\pm$ 1,77
	350	68,1 $\pm$ 1,39	55,1 $\pm$ 0,66	42,6 $\pm$ 1,96
	400	75,4 $\pm$ 1,74	62,7 $\pm$ 0,91	47,3 $\pm$ 2,43
	450	83,3 $\pm$ 1,71	68,5 $\pm$ 0,88	50,8 $\pm$ 2,66
	500	90,6 $\pm$ 1,73	74,6 $\pm$ 0,93	54,9 $\pm$ 3,04
	550	98,3 $\pm$ 1,97	80,5 $\pm$ 1,06	58,7 $\pm$ 2,92
PI-Prodentil:	50	10,3 $\pm$ 0,77	8,5 $\pm$ 0,66	6,6 $\pm$ 0,42
	100	19,3 $\pm$ 0,77	16,5 $\pm$ 1,13	13,3 $\pm$ 0,71
	150	29,8 $\pm$ 1,03	23,4 $\pm$ 1,28	18,4 $\pm$ 1,08
	200	37,9 $\pm$ 1,57	29,8 $\pm$ 1,94	23,6 $\pm$ 1,14
	250	47,5 $\pm$ 2,11	34,9 $\pm$ 1,92	28,8 $\pm$ 1,14
	300	56,4 $\pm$ 2,33	41,8 $\pm$ 1,98	33,8 $\pm$ 1,17
	350	64,3 $\pm$ 2,69	48,7 $\pm$ 1,71	39,3 $\pm$ 1,26
	400	71,8 $\pm$ 2,80	55,1 $\pm$ 1,89	42,2 $\pm$ 1,17
	450	78,5 $\pm$ 2,91	60,1 $\pm$ 1,91	48,4 $\pm$ 0,53
	500	85,6 $\pm$ 3,06	64,8 $\pm$ 1,86	52,6 $\pm$ 0,97
	550	93,1 $\pm$ 3,05	70,3 $\pm$ 2,04	56,4 $\pm$ 0,98

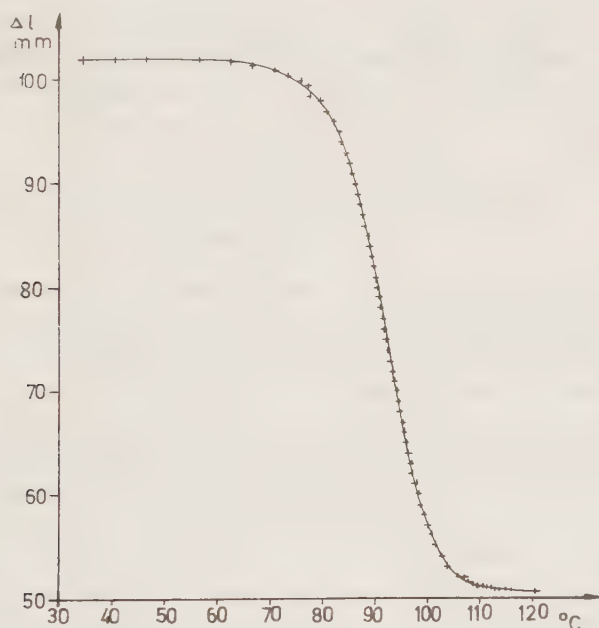
Tabelle II

Signifikante Unterschiede der Durchbiegung fanden sich in folgenden Gruppen aufgrund des t-Testes mit $P =$

Belastung in pond	Palavit/ Paladur Größe 1	Palavit/PI-Prodentil Größe 1 Größe 2 Größe 3			Paladur/ PI-Prodentil Größe 2
50	-	-	-	-	-
100	-	0,05	-	-	-
150	-	0,01	-	-	-
200	-	0,05	-	-	-
250	0,05	0,01	0,05	0,02	0,01
300	0,05	0,01	0,05	0,02	0,005
350	0,01	0,005	0,02	0,02	0,005
400	0,01	0,005	0,05	0,02	0,005
450	0,02	0,005	0,025	0,02	0,001
500	0,02	0,005	0,02	0,02	0,001
550	0,02	0,005	0,05	0,01	0,001

am Deckel des Messingrohres befestigt. Am anderen Ende des Kunststoffstabes wurde ein Draht angebracht, der aus dem freien Ende des Messingrohres herausragte und dort auf einem Streifen von Millimeterpapier lag. Das Messingrohr mit dem Kunststoffstab wurde dann in ein Differenzkalorimeter gesteckt, in dem die Temperatur kontinuierlich bis auf 120°C , in einer Zeit von 65 Minuten, aufgeheizt wurde. Dabei schrumpfte der Kunststoffstab wieder in seine Ausgangslänge zurück. Diese Schrumpfung ließ sich dadurch messen, daß sich das Drahtende, das die Verlängerung des einen Endes des Kunststoffstabes darstellte, über das Millimeterpapier zurückzog. Die Erklärung für diesen Vorgang ist folgende: Bei der Streckung des Kunststoffes werden die großen Polymerisat-Moleküle gegeneinander verschoben und durch die Abkühlung in dieser Stellung fixiert. Das Bestreben der Moleküle, in ihre Ausgangslage zurückzukehren, bleibt als "innere Kraft" in dem gestreckten Stab vorhanden. Erwärmt man einen solchen Stab wieder, so geraten die Moleküle in Bewegung, bis schließlich der feste Stoff flüssig wird. Es wurde

aber nur soweit erhitzt, daß die Moleküle genügend Bewegungsfreiheit erhielten, um in ihre Ausgangslage zurückkehren zu können, d.h. der Stab schrumpfte wieder auf seine Ausgangslänge. Wichtig war nun herauszufinden, bei welchen Temperaturen die Moleküle eine solche Bewegungsfreiheit erhielten, daß sie sich bei den mechanischen Eigenschaften des Kunststoffes deutlich bemerkbar machen würden.



Tafel IV: Die Schrumpfung Δl in mm eines in die Länge gezogenen Kunststoffstabes in Abhängigkeit von der Temperatur in $^{\circ}\text{C}$

Die Meßergebnisse wurden auf Tafel IV in Form einer Kurve wiedergegeben. Auf der Abszisse ist die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ ablesbar, auf der Ordinate die Längenänderung Δl in mm. Man erkennt, daß die Schrumpfung bei 60 bis 70 $^{\circ}\text{C}$ beginnt und erst

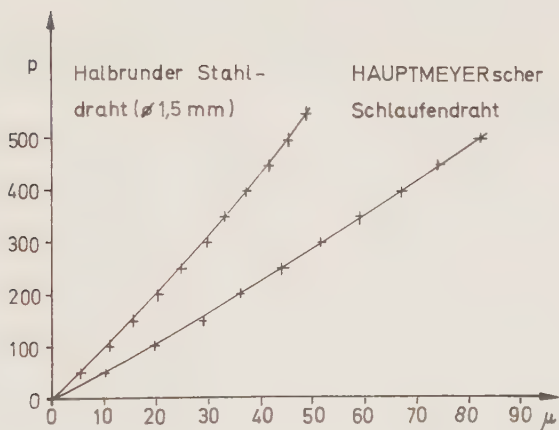
bei 110 bis 115° C beendet ist. Eine spürbare Bewegungsfreiheit der Moleküle beginnt also erst oberhalb von 60° C. Unterhalb von 60° C verläuft die Kurve fast als Gerade. Die Moleküle bekommen in diesem Bereich also keine solche Bewegungsfreiheit, die sich bei mechanischen Beanspruchungen des Kunststoffes wesentlich bemerkbar machen würden. Ein Sprung von der Zimmertemperatur auf die Temperatur der Mundhöhle dürfte sich also bei den Meßergebnissen nicht bemerkbar machen.

Der gleiche Versuch wurde über eine Zeit von 192 Stunden mit einem neuen Prüfkörper durchgeführt, um auch den Zeitfaktor noch einmal gesondert zu überprüfen. Dabei ergab sich aber keine wesentliche Abweichung vom ersten Ergebnis.

4) Vergleich der Durchbiegung der Kunststoffstäbe mit anderen Schienungsmaterialien

Um schließlich einen Vergleich des dargestellten mechanischen Verhaltens bei Biegungskräften zwischen den Kunststoffen und den Kieferbruchschienen aus V₂A-Stahl zu erhalten, wurden der HAUPTMEYERSche Schlaufendraht und eine im Querschnitt halbrunde Schiene von 1,5 mm Durchmesser gemessen. Die Methode war genau die gleiche wie bei den Kunststoffstäben. Der Schlaufendraht und der halbrunde Draht wurden dazu auf Kupferplättchen aufgelegt und mit Kaltpolymerisat in dieser Stellung fixiert. Die Kupferplättchen kamen dann auf die dachfirstartigen Unterstützungen zur Messung unter dem Mikroskop. Der halbrunde Draht wurde bei der Messung über die Kante gebogen, der Schlaufendraht lag so unter dem Mikroskop, daß jeweils in der Mitte der Meßstrecke von 1,7 cm eine Schlaufe emporragte. Das Ergebnis zeigen die folgenden beiden Kurven auf Tafel V (Seite 35). Der Kurvenverlauf ist fast gerade, d.h. die Kraft ist der Durchbiegung direkt proportional. Die Kurven zeigen, daß bei der größten gemessenen Belastung von 550 pond sich der HAUPTMEYERSche Schlaufendraht weit mehr durchbiegt als die Größen 2 und 3 aller gemessenen Kunststoffe. Nur die jeweilige Größe 1 zeigte eine stärkere Durchbiegung. Dagegen wird die Stabilität

des über die Kante durchgebogenen Stahldrahtes auch von der Größe drei der Kunststoffstäbe nicht erreicht.



Tafel V: Die Durchbiegung eines halbrunden Stahldrahtes und des HAUPTMEYERschen Schlaufendrahtes bei Belastung

IV. Zusammenfassende Betrachtung der experimentellen Ergebnisse

Zum Abschluß sollen die gewonnenen Ergebnisse auf die Verhältnisse im Munde projiziert werden. Aus der Tabelle auf Seite 21 und aus den Kraftdehnungskurven der Gummizüge lassen sich die Kräfte errechnen, die an jedem einzelnen Haken der Kieferbruchschiene ansetzen. Wenn nun ein gelockerter Zahn dieser vertikalen Kraft der Gummizüge keinen Widerstand entgegensetzen kann, wird er aus seiner Alveole soweit herausgezogen werden, wie die Schiene an dieser Stelle durch Durchbiegung nachgibt. Die ansetzende Kraft ist nun bei jedem Hakenabstand verschieden, also für jeden der Zähne vom mittleren Schneidezahn bis zum ersten Molaren und je nach Abrasion. Jede der fünf gemessenen Gummigrößen gibt andere Kräfteverhältnisse auch zusätzlich dadurch, daß sie einfach oder rücklaufend gespannt werden können. Mit diesen vielen Einzelkräften kann man in die Kurven der Durchbiegung der drei Kunststoffe eingehen und je nach Größe der Kunststoffstäbe die Durchbiegung ablesen. Da es wenig sinnvoll ist, die dabei entstehenden Werte in 90 Einzeltabellen wiederzugeben, seien hier aus diesen nur die Extremwerte erwähnt.

Spannt man die Gummizüge der Größe IV über die Häkchen einer Schiene aus PI-Prodentil bei Occlusion der Zähne, so ergeben sich dabei Durchbiegungen der Schiene zwischen 2,8 und 21 Mikrometer. Die größte Durchbiegung lag im Eckzahnbereich und bei Größe 1 der Kunststoffstäbe. Die kleinste Durchbiegung war im Gebiet der Prämolaren und des 1. Molaren und bei Größe 3 der Stäbe. Wurden dieselben Gummis rücklaufend gespannt, so lagen die Durchbiegungsextreme zwischen 12,8 und 43,8 Mikrometer, je nach Häkchenabstand und Größe der Stäbe. Bei rücklaufend gespannten Gummis der Größe VIII lagen dieselben Extremwerte zwischen 3,0 und 26,5 Mikrometer. Würde man die entsprechenden Tabellen für die beiden anderen gemessenen Kunststoffe angeben, so würden beide Extremwerte größer sein, maximal bis 52 Mikrometer beim Palavit, da beide Kunststoffe eine größere

Durchbiegung zeigten. Für den HAUPTMEYERschen Schlaufendraht liegen die entsprechenden Werte für die Durchbiegung zwischen 3,0 und 20 Mikrometer und zwischen 20 und 40,5 Mikrometer für die einfach und rücklaufend gespannten Gummis der Größe IV. Für die rücklaufend gespannten Gummis der Größe VIII ergibt sich eine Durchbiegung zwischen 4,5 und 25,5 Mikrometer. Die Maximalwerte sind etwas geringer als bei den Kunststoffen, da die Größe 1 der Kunststoffstäbe eine größere Durchbiegung zeigte, als der HAUPTMEYERsche Schlaufendraht.

Der halbrunde Draht aus V₂A-Stahl zeigte, über die Kante gebogen, die geringste Durchbiegung mit entsprechenden Werten von 1,5 bis 10,5 Mikrometer und 11,5 und 23,2 Mikrometer für die einfach und rücklaufend gespannten Gummis der Größe IV und von 2,5 bis 14,0 Mikrometer für die rücklaufend gespannten Gummis der Größe VIII.

Es sei noch einmal betont, daß es sich bei diesen Angaben nur um Angaben von Größenordnungen handeln kann, wobei die Tabelle auf Seite 21 zugrunde gelegt wurde. Im individuellen Falle wären die dabei auftretenden anderen Hähchenabstände zu berücksichtigen.

So würde in der Occlusionsstellung eine maximale Vertikalbewegung eines gelockerten Zahnes bis etwa 50 Mikrometer auftreten, hervorgerufen durch die Durchbiegung der Schiene. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Nachbarzähne des gelockerten Zahnes genügend fest im Kiefer verankert sind. Bedenkt man, daß die Zähne bei den Kaubewegungen vertikale Bewegungen bis zu 100 Mikrometer ausführen, so liegen selbst die oben angegebenen Maximalwerte noch im Bereich der physiologischen Bewegung. Das gilt für alle drei gemessenen Kunststoffe. Sind allerdings auch die Nachbarzähne gelockert, so könnte schließlich die Grenze von 100 Mikrometer überschritten werden. Ein Abriß von Nerven und Gefäßen am Apex des Zahnes wäre dabei aber nicht zu fürchten, da diese eine erhebliche Elastizität zeigen.

V. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit mechanischen Problemen einer von HERING 1960 publizierten neuen Methode der Kieferbruchschienung. Diese Schienungsmethode wird eingangs kurz dargestellt und mit Abbildungen von selbst hergestellten Modellen werden die Variationsmöglichkeiten der Methode aufgezeigt.

Der experimentelle Teil umfaßt zwei Abschnitte. Im ersten Teil wird untersucht, welche Kräfte von intermaxillären Gummizügen verschiedener Größen aufgebracht werden, um eine Reposition bzw. Fixierung der Kieferfraktur zu erzielen, wobei die speziellen Verhältnisse der in Marburg angewendeten Kunststoffschienen besondere Berücksichtigung fanden. Es wird festgestellt:

Der Hakenabstand beträgt im Mittel minimal 0,77, maximal 1,36 cm, was zu folgenden Zugkräften bei den einzelnen Größen der Gummiringe führt (Minimal-/Maximalwerte in pond): Größe IV: 40/107; Größe V: 9/71; Größe VI: 5/80; Größe VII: 1/62; Größe VIII: 0/31. Es wurden je 100 Einzelgummis gemessen. Aus diesen Werten ergab sich: Bei den kleinen Hakenabständen, vor allem im Seitenzahnbereich, bringen die größeren Gummiringe keine Zugkraft mehr auf. Es sollten also in der Okklusionsstellung nur die kleineren Größen verwendet werden oder die größeren Gummiringe rücklaufend gespannt werden.

Spannt man intermaxilläre Gummizüge zwischen den jeweiligen Antagonisten beiderseits bis in den Bereich der ersten Molaren, so erreicht man in Okklusionsstellung der Zähne bei der kleinsten Gummigröße eine gesamte intermaxilläre Kraft von 910 bzw. 2160 pond, je nachdem, ob die Gummizüge einfach oder rücklaufend verspannt waren. Auf die gleiche Weise ergaben die rücklaufend gespannten Gummiringe der größten verwendeten Größe eine gesamte intermaxilläre Kraft von 1180 pond. Bei diesen Zahlenangaben handelt es sich nur um Größenordnungen. Individuelle Einzelwerte ergeben sich nach Messung des Hakenabstan-

des direkt aus den Kraftdehnungskurven der verschiedenen Gummigrößen.

Die Kraftdehnungskurven zeigten folgende Proportionalitätsgrenzen (gemessen in Zentimetern zwischen den Angriffspunkten der Dehnungskraft): Größe IV: 1,30-3,50; Größe V: 1,80-3,60; Größe VI: 1,85-3,70; Größe VII: 2,05-3,85; Größe VIII: 2,15-4,05. Die obere Grenze sollte nicht erreicht werden, will man nicht ein schnelles Nachlassen der Zugkraft in Kauf nehmen. Bei den durchschnittlichen Häkchenabständen in der Occlusionsstellung der Zähne erreicht auch die kleinste Gummigröße, selbst rücklaufend verspannt, nicht die obere Proportionalitätsgrenze. Besteht allerdings z.B. eine Kiefersperre oder eine Dislokation von Fragmenten, so könnte die obere Proportionalitätsgrenze erreicht oder überschritten werden, und es müßten größere Sorten verwendet werden.

Im zweiten Abschnitt des experimentellen Teils wird die Durchbiegung der Kunststoffschiene aufgezeigt. Die Messung der äußerst geringen Durchbiegung wurde mit Hilfe einer speziellen Apparatur unter dem Auflichtmikroskop durchgeführt. Es kamen verschiedene Prüfstabgrößen der Kunststoffe Palavit, Paladur und PI-Prodentil zur Messung. Die Mittelwerte aus den einzelnen Ergebnissen der verschiedenen Meßreihen wurden statistisch eingegrenzt. Zwischen den Kunststoffen ergaben sich zum Teil signifikante Unterschiede in Bezug auf die Durchbiegung. Die geringste Durchbiegung zeigte das PI-Prodentil.

Beim Vergleich mit Schienen aus V₂A-Stahl zeigte der HAUPTMEYERsche Schlaufendraht eine stärkere Durchbiegung als eine selbst dünne Kunststoffschiene. Dagegen wird die geringe Durchbiegung eines über die Kante gebogenen halbrunden Stahldrahtes von 1,5 mm ϕ auch von dickeren Kunststoffschienen nicht erreicht. Es zeigte sich aber, daß die Bewegung, die ein in seiner Alveole gelockerter Zahn durch die Durchbiegung selbst der dünnsten gemessenen Kunststoffschiene erfährt, auch bei der größten der auftretenden intermaxillären Gummikräfte nur etwa 50% der physiologischen maximalen Vertikalbewegung der Zähne beim Kauakt erfährt. Damit ist die Brauchbarkeit der Kunststoffschiene auch für diese Fälle gesichert.

VI. Literaturverzeichnis

- APPENZELLER: Materialprüfungen an neuen Zahnprothesenkunststoffen. SMfZ 1946 Nr.6
- ASCHER: Unfallfolgen während der Kleinkinderzeit in der Betrachtung als kieferorthopädisches Problem. ZW 1949, Heft 11, S.277
- BROGLIA: Traumatische Kieferfrakturen bei Kindern. ZR 1961, Heft 11, S.408
- BROSCH: Zur Vereinfachung der Kieferschienung. Z.Stomat. (Österr.) 1944, Heft 15/16, S.348
- DIETRICH: Indikation bei Verwendung der Drahtnaht in der Kieferbruchbehandlung. DZZ 1951, 6.Jhrg., Heft 8, S.414
- Documenta Geigy: Wissenschaftliche Tabellen, 6.Auflage, Statistik
- DROEGE: Kieferbruchbehandlung mittels Knochennaht? DZZ 1950, Heft 13
- DUNN und EICHENBAUM: Classification of dental fractures. J.Amer.dent.Assoc. Heft 2
- EULER: Die Anomalien, Fehlbildungen und Verstümmelungen der menschlichen Zähne. J.F.Lehmanns-Verlag 1939
- FLIEGE, HEUSER, WARNKE: Beitrag zur Behandlung stark dislozierter Alveolarfortsatzbrüche. Dt.ZMKH Nr.4, S.545(1937)
- GANZER: Die Kriegsverletzungen des Gesichtes und Gesichtsschädels. J.A.Barth-Verlag, Leipzig 1943
- GEIST-JACOBI: Geschichte der Zahnheilkunde. Tübingen 1896
- GÖGLER: Unfallopfer im Straßenverkehr. Documenta Geigy, Series Chirurgica Nr.5, 1960
- GRASSER: Ein neues Verfahren der Kieferbruchschiebung. Zahnärztliche Praxis, Jhrg. XV, Nr.9, 1965
- GRÄSSLER: Die provisorische Kieferbruchschiebung nach der "amerikanischen Methode". ZR 1949, S.335
- HÄUPEL, MEYER, SCHUCHARDT: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Verlag Urban & Schwarzenberg 1957
- HAUPTMEYER: Über einfache Kieferschienenverbände aus nichtrostendem Stahl. DZW 1935, S.4 u. 59
- HENKEL: Chemie, Physik und Technologie zahnärztlicher Kunststoffe. J.A.Barth Verlag, Leipzig 1949
- HERING: Eine einfache Methode der Kieferbruchschiebung mit Hilfe von schnellhärtendem Kunststoff. DDZ Heft 23, 1960
- HEUSER: Erfahrungen mit den Kieferbruchverbänden aus Chromnickelstahl nach Hauptmeyer und deren Anwendungsbereich. DZW 40, S.535 (1937)
- HEUSER: Vereinfachte Kieferbruchschielen. ZR 48, S.307 (1939)

- HEUSER: Zum Problem der funktionellen Kieferbruchbehandlung. DZW 43, S.131 (1940)
- HEUSER: Die funktionelle Behandlung der Gelenkfortsatzbrüche, insbesondere der Luxationsfrakturen. DZW 43, S.798 (1940)
- JUNG: Kieferbruchschienenverbände und Gewebsschädigungen. DZZ 8.Jhrg., Heft 9, S.469
- KELM: Möglichkeiten und Grenzen der Schienung von Kieferbrüchen mit den Chromnickelstahl-Drahtverbänden nach Hauptmeyer. Diss. Marburg 1941
- KIRSCHNER: Allgemeine und spezielle chirurgische Operationslehre, 4.Bd., Springer Verlag 1956
- KIRSCHNER und NORDMANN: Die Chirurgie. Bd.4, 1.Teil, Urban & Schwarzenberg Verlag 1927
- KLUCZKA: Die verschiedenen Kieferbruchschienensysteme in Bezug auf parodontale Erkrankungen. DZZ 2.Jhrg., Heft 16, S.553
- KÖHLER: Diagnostik und Therapie der Kieferfrakturen. Dr.A. Hütthig-Verlag Heidelberg
- KÖHLER: Die Kieferbrüche der Kinder und Jugendlichen, in: Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie 1956, Bd.II
- KRANZ: Chirurgie des praktischen Zahnarztes. J.A.Barth-Verlag, Leipzig, 2.Auflage 1949
- LAPEDOT: A clinical survey of fractures of the mandible with special reference to early and controlled mobilisation and its effect on fracture union. Oral Medicine and Oral Pathology, Vol.15, No.5, 1962
- MEYER: Zahnärztliche Operationslehre. Urban & Schwarzenberg-Verlag 1961
- MORGENROTH: Traumatische Schädigungen des Zahnfleischrandes. Dt.ZMKH 1940, Bd.7, Heft 1, S.44
- NEUNER: Vereinfachte Schienungstechnik zur Behandlung von Unterkieferfrakturen. DZZ 1957, Jhrg.12, Heft 10, S.726
- OBWEGESER: Über eine einfache Methode der freihändigen Drahtverschienung von Kieferbrüchen. Z.f.Stomat. 1952, Heft 12
- PICHLER und TRAUNER: Kiefer und Gesichtschirurgie. I.Bd., 4.Auflage
- PÜTZ: Über die Entwicklung der Kieferbruch-Verbände aus Draht und ihre Vervollkommnung durch den nichtrostenden Stahl. Diss. Marburg 1938
- REICHENBACH: Leitfaden der Kieferbruchbehandlung. 6.Auflage 1954, J.A.Barth-Verlag
- REITER: Fractures of the Mandible. Dental Cosmos 1928, 772
- REITHER: Neue Versuche zur Gußtechnik und ihre Auswertung. DZZ 1965, Heft 11, S.1252
- RINK: Kritische Betrachtung der Schwierigkeit bei Überprüfung zahnärztlicher Kunststoffe. ZR 65.Jhrg., 1956, S.175

- SAUER: Notverband bei Kieferbrüchen mit Eisendraht. Dt.Monats=schrift f.Zahnheilkunde Bd.7, S.381
- SCHLAMPP: Orthopädie und das marginale Parodontium. DZZ 7.Jhrg. Heft 13, S.756
- SCHLAMPP: Welche Art von Schienungsverfahren bei Kieferfrakturen und zu welchem Zeitpunkt sollen sie angewendet werden? ZW Nr.12/13, 1951
- SCHÖN: Über eine Methode der Kieferbruchschienung. ZW 1952, Nr.19, S.415
- SCHRAY: Vereinfachte Schienung von Oberkieferbrüchen. DZZ, 6.Jhrg., Heft 12, S.670
- SCHRUDE: Behandlung der Kieferfrakturen mit Hilfe von Kunststoffschienen, in: Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie, Bd.II, 1956, S.102
- SCHRUDE: Die Behandlung von Kieferbrüchen mit Schienenverbänden aus Palavit. ZW Jhrg.8, Nr.17, 1953, S.424
- SCHWICKERATH: Die elastischen Eigenschaften der Methacrylate. DZZ 16, 1961, Heft 6, S.478
- SCHWICKERATH: Über die Prüfung zahnärztlicher Prothesenwerkstoffe und eine eigene Prüfmaschine. DZZ 13.Jhrg., 1958, Heft 64, S.201
- SCHUCHARDT: Die Kieferbrüche. Dt.ZMKH 1956, Bd.24, S.39
- SONNTAG: Lehrbuch der Mund- und Kieferchirurgie. Georg Thieme Verlag, Leipzig 1930
- STREUER und SCHALOW: Zur Schnellherstellung zahnärztlich-chirurgischer Verbandprothesen. DDZ Heft 21, 1958
- WASSMUND: Die freihändige Versorgung der Brüche des Unterkiefers einschließlich der Schußbrüche. 3.Auflage 1943
- WIRTH: Eine kombinierte Kunststoff-Draht Kieferbruchschiene. ZR 1955, Heft 16
- WUSTROW: Zur funktionellen Kieferbruchbehandlung. Zeitschrift f.Stomat. 1938, Heft 20, S.1171

Herrn Professor Dr.Dr.H.Heuser, Direktor der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Marburg an der Lahn, danke ich für die freundliche Durchsicht der Arbeit.

Herrn Privatdozent Dr.Dr.Hering danke ich für die Überlassung des Themas und für die Beratung bei meinen Untersuchungen und bei der Abfassung der Arbeit.

Herrn Professor Dr.J. Berendes danke ich, daß er freundlicherweise das Correferat übernommen hat.

Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Diplom-Physiker Weimann vom Institut für Polymere der Universität in Marburg an der Lahn, der mir in Fragen über die Eigenschaften hochpolymerer Kunststoffe beratend zur Seite stand.

Lebenslauf

Am 5. März 1939 wurde ich in Lübeck geboren.

1946 begann ich im Alter von 7 Jahren mein erstes Volksschuljahr und kam 1951 in die Quinta des Katharineums zu Lübeck. Dort bestand ich im Frühjahr 1959 das Abitur und begann im Sommersemester 1959 in Marburg das Studium der Medizin und Zahnheilkunde. Das Vorphysikum bestand ich nach dem Wintersemester 1959/60. Nach dem Sommersemester 1961 legte ich in Marburg die ärztliche und zahnärztliche Vorprüfung ab. Im 7. Semester studierte ich in Kiel. Alle übrigen klinischen Semester absolvierte ich in Marburg. Das medizinische Staatsexamen beendete ich am 3. März 1965 und das Zahnmedizinische Staatsexamen am 12. Mai 1966.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Marburg: Berendes, Bock, Braun-Falco, Bücher, Dimroth, Exner, Gedigk, Hartmann, Hensel, Hering, Heuser, Huber, Jacob, Janke, Kessler, Linneweh, Martini, Niessing, Pantke, Du Mesnil de Rochemont, Schleyer, Schmid, Seidel, Siegert, Straub und Walcher;

in Kiel: Doerr, Gärtner, Hörmann, Spreter v. Kreudenstein, Reinwein und Wanke.

